

R006-17

A 会場 : 11/27 AM2 (10:30-12:00)

10:45~11:00

2次元 ideal MHD シミュレーションによる IAR 領域における低プラズマ密度領域の再現

—ポンデロモチーフカの評価—

#川上 航典¹⁾, 吉川 顕正²⁾, 深沢 圭一郎³⁾, 樋口 颯人¹⁾

(¹ 九大, (² 九大/理学研究院, (³ 京大・メディアセンター

The Reproduction of Low Plasma Density Region in IAR with 2-dimensional MHD Simulation -Evaluation of Ponderomotive Force-

#Kousuke Kawakami¹⁾, Akimasa Yoshikawa²⁾, Keiichiro Fukazawa³⁾, Hayato Higuchi¹⁾

(¹ Kyushu University, (² Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, (³ Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

Auroral acceleration regions (AARs) are quasi-static upward electrostatic structures typically located at altitudes of 3,000 to 10,000 km, and they play a crucial role in the production of auroral particles. Observations of Auroral Kilometric Radiation (AKR) have shown that AARs develop from lower to higher altitudes. Additionally, theoretical and numerical studies have been conducted to investigate these electrostatic structures by solving the Vlasov-Poisson system of equations. While these and other studies have elucidated the structures of AARs, the processes underlying their formation and development remain unclear. In particular, the low plasma density regions known as auroral cavity regions, which are one of the key observational features of AARs, are essential for understanding current continuity, AKR generation conditions, and the solutions of the Vlasov-Poisson system of equations; however, their formation process remains a mystery. To understand the formation and development of electrostatic AARs, it is necessary to consider an electromagnetic perspective, particularly the time evolution associated with Alfvén wave propagation.

Therefore, we focus on Ionospheric Alfvén Resonators (IARs), which exist at altitudes that partially correspond to low-altitude AARs and confine Alfvén waves. Previous research has reported the existence of cavity regions, distinct from auroral cavity regions, and particle acceleration within these cavity regions in IARs. Based on these observations, we hypothesize that the cavity regions in IARs are key to the formation of AARs, and we investigate their formation process.

Previous research [Streltsov and Lotko 2008, Sydorenko et al., 2008] reported that the parallel ponderomotive force in IAR standing wave structures is crucial for cavity formation. However, in their simulation, while the density depletion consistent with the cavity region is confirmed, regions of density enhancement, which are not observed in practice, were also formed.

Therefore, we considered that not only the parallel but also the perpendicular ponderomotive force plays an important role in density variation in the IAR and conducted 2-dimensional ideal MHD simulations to investigate this. As a result, we obtained outcomes consistent with observations, showing only density depletion along the magnetic field lines. In the presentation, we will discuss our research background and objectives, provide an overview of the simulation setup, and present the results along with future work.

オーロラ加速領域は典型的に高度 3,000km-10,000km において、準定常的に存在する上向き静電場構造であり、オーロラ粒子を生成する重要な領域である。加速領域は AKR(Auroral Kilometric Radiation) 観測から低高度側 (3,000km) から高高度側へと発展していくことが知られている。また、理論・数値計算の観点からも Vlasov-Poisson 方程式系の定常解を求めることで、その静電場構造について研究が進められてきた。これらをはじめとした多くのオーロラ加速領域に関する研究が行われ、その構造について明らかにされてきた一方で、加速領域自体の形成・発展プロセスについては多くが未解明のままである。特に Auroral Cavity 領域と呼ばれる低プラズマ密度領域は、加速領域の観測的特徴の 1 つであり加速領域内での電流の連続性、AKR の発生条件、そして Vlasov-Poisson 方程式系の定常解を考える上で重要であるのが、その形成プロセスについては現在でも明らかでない。このような electrostatic な構造を持つ加速領域の形成・発展プロセスを明らかにするためには electromagnetic な観点、すなわち Alfvén 波の伝搬に伴う時間発展について理解する必要がある。

そこで、我々はオーロラ加速領域初期形成過程解明を目的として、低高度加速領域 (3,000km) と一部一致する高度に存在し、Alfvén 波を閉じ込める役割を持つ IAR(Ionospheric Alfvén Resonator) における発展に注目した。IAR では Auroral Cavity 領域とは別の低プラズマ密度領域 (Cavity 領域)、並びにその内部における電子・イオンの加速が観測されている。これらの観測結果をもとに、本研究ではこの IAR 高度において生じる Cavity 領域が Auroral Cavity 領域ひいてはオーロラ加速領域の形成につながると着想し、その形成過程について調査を行った。

IAR 高度での Cavity 領域の形成については、先行研究 [Streltsov and Lotko 2008, Sydorenko et al., 2008] から IAR 中の定在 Alfvén 波構造において働く平行方向のポンデロモチーフカが重要になることが報告されていた。しかしこのモデルでは、磁力線と平行方向に対して Cavity 領域に相当するプラズマ密度が減少する領域だけでなく、観測では確認されていないプラズマ密度が増加する領域も同時に形成されてしまっている。

そこで本研究では IAR 構造中でのプラズマ密度の変動では平行方向だけでなく、垂直方向のポンデロモチーフカも

考慮することが必要であると考え、これらの物理を含んだ2次元 ideal MHD シミュレーションを用いて数値計算を行った。その結果、磁力線方向に関してはプラズマ密度の減少のみが生じ、観測と一致する特徴が得られた。発表では、研究背景、研究目的について整理したのち、今回用いたシミュレーションに関する概観、そして結果と今後の展望について報告する予定である。